Networking

■ ไพโรจน์ ไววานิชกิจ

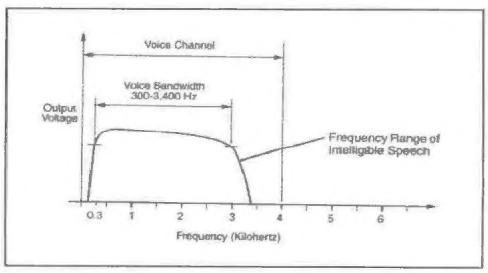
รอบรู้...
เครือข่ายคอมพิวเตอร์
ตอน
โมเด็มแม่สื่อชนิดอะซิงโครนัส

เชื่อหรือไม่กระบวนการทำงานของโมเด็ม
ซับซ้อนกว่าที่คิดเสียอีก
ศึกษาให้ถ่องแท้แล้วจะค้นพบว่า
การวางระบบเครือข่าย..หมูหวาน

ฉากฉบับที่แล้วมาผู้เขียนได้กล่าวถึงโปรโตคอลของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งครอบคลุมมาตรฐานหลักที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ให้ผู้อ่านได้รับความรู้ในระดับหนึ่ง แต่ก่อนที่จะกล่าวถึงเรื่องราวของการประยุกต์ใช้งานทางเทคนิคสำหรับบทความในตอนนี้ ผู้เขียนได้ปรึกษากับกองบรรณาธิการแล้วลงความเห็นว่า ควรปูพื้นฐานความรู้ด้านการสื่อสารด้วย ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงขอนำเสนอรายละเอียดการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับเครือข่ายต่าง ๆ โดยอาศัยการสื่อสารผ่านโมเด็มแบบอะซิงโครนัสเป็นอุปกรณ์หลัก ทั้งในแง่ของการทำงานไปจนถึงมาตรฐานการเชื่อมต่อชนิดต่าง ๆ ในแง่มุมที่มิได้มีการกล่าวถึงบ่อยนัก

ปัจจัยสำคัญคือโมเด็ม

เครือข่ายการสื่อสารที่เข้าถึงผู้บริโภคได้มากที่สุดก็คือเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานที่ติดต่อถึงกันได้ทั่วทุกมุมโลก โทรศัพท์ตามที่พักอาศัยหรือสำนักงานจะมีคู่สายสำหรับเชื่อมต่อเข้าสู่ชุมสายโทรศัพท์ที่ได้รับการกำหนดมาตรฐานให้รองรับเสียงพูด ซึ่งเป็นสัญญาณอะนาล็อกที่มีความถี่ในช่วง 300 - 3,400 เฮิรตซ์ ย่านความถี่ดังกล่าวผ่านการพิสูจน์แล้วว่าเพียงพอสำหรับรับส่งสัญญาณเสียงที่ผู้ฟังสามารถรับฟังได้ชัดเจนพอสมควร และเนื่องจากภายในวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายมีการต่อขดลวดไว้ทำหน้าที่เป็นโช้ค ซึ่งจะมีอิมพีแดนซ์เพิ่มขึ้นตามค่าความถี่ที่สูงขึ้น รวมถึงคุณภาพของคู่สายโทรศัพท์ที่เหมาะสำหรับการรับส่งสัญญาณความถี่ที่ไม่สูงมากนัก จึงทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลซึ่งมีรูปร่างเป็นพัลส์ผ่านคู่สายโทรศัพท์โดยตรงเป็นระยะทางไกลได้ รูปที่ 1 แสดงถึงคุณลักษณะในการตอบสนองต่อสัญญาณความถี่ต่าง ๆ ของคู่สายโทรศัพท์ทั่วไป



รูปที่ 1 คุณสมบัติการตอบสนองต่อสัญญาณความถี่ต่าง ๆ ของคู่สายโทรศัพท์

เมื่อความจำเป็นในการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เริ่มทวีความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรหรือบริษัทต่าง ๆ ไปยังพื้นที่ซึ่งอยู่ห่างไกล และไม่คุ้มค่าพอที่จะวางเครือข่ายอัตราความเร็วสูง เช่น X.25 หรือ LAN จึงต้องหันมาพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์จากเครือข่ายโทรศัพท์เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากข้อจำกัดในการส่งข้อมูลดิจิตอลเกิดจากคุณลักษณะของคู่สายโทรศัพท์ แนวทางในการเอาชนะอุปสรรคก็คือการแปลงสัญญาณดิจิตอลในรูปพัลส์ไปเป็นสัญญาณในย่านความถี่เสียงเพื่อให้ส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์ได้ การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องผ่านคู่สายโทรศัพท์สามารถกระทำได้โดยการติดตั้งโมเด็มที่ต้นทางและปลายทาง

โมเด็มหรือ MODEM เป็นคำย่อมาจาก Modulator-Demodulator อุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิตอลที่ได้รับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปเป็นสัญญาณอะนาล็อกในย่านความถี่ระหว่าง 300 - 3,400 เฮิรตซ์ แล้วจึงส่งผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ไปยังโมเด็มปลายทางซึ่งจะจัดการแปลงสัญญาณอะนาล็อกกลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง สิ่งที่ผู้เขียนขอเน้นก็คือตามทฤษฎีแล้วโมเด็มจะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวแปลงสัญญาณระหว่างดิจิตอลและอะนาล็อกเท่านั้น สำหรับโมเด็มอัตราเร็วสูงที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนั้นจะเพิ่มกระบวนการบีบอัดข้อมูลด้วย ซึ่งเป็นผลจากความสามารถของอุปกรณ์ไมโครโปรเซสเซอร์ที่เพิ่มเติมเข้าไป มิใช่หน้าที่หลักของโมเด็มแต่ประการใด

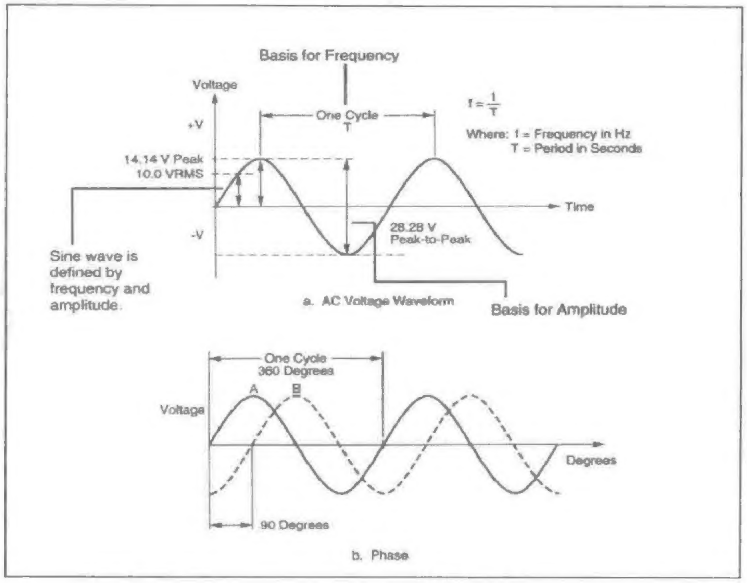
นอกจากข้อจำกัดในเรื่องแบนด์วิดธ์ของคู่สายโทรศัพท์แล้ว การกำหนดค่าความถี่สำหรับรับส่งสัญญาณผ่านคู่สายโทรศัพท์ก็เป็นเรื่องสำคัญอีกประการหนึ่ง จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าการส่งสัญญาณในช่วงความถี่ระหว่าง 300 - 3,400 เฮิรตซ์มีผลกระทบจากการลดทอนของสัญญาณต่างกัน ช่วงความถี่ที่เหมาะสำหรับรับส่งสัญญาณที่สุดควรเป็นความถี่ในช่วง 1,700 - 1,800 เฮิรตซ์ แม้กระนั้นการกำหนดความถี่ใช้งานก็ต้องระวังมิให้ซ้ำกับความถี่ที่เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ใช้ในการส่งสัญญาณติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ มิฉะนั้นชุมสายโทรศัพท์อาจเกิดความสับสนกับสัญญาณที่ได้รับ

ปกติแล้วการเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ด้วยกันเองไม่ค่อยมีปัญหาเท่าใดนัก แต่สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ หรือที่เรียกกันว่า DTE (Data Terminal Equipment) ดูจะเป็นเรื่องที่ซับซ้อนกว่า เนื่องจากมีการกำหนดมาตรฐานคอนเน็กเตอร์และการจัดวางขาสัญญาณเพื่อการรับส่งและควบคุมการรับส่งข้อมูล (Flow Control)

การมอดูเลตสัญญาณแบบอะนาล็อก

เทคนิคสำคัญที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลหรืออะนาล็อกก็คือการมอดูเลตสัญญาณ (Modulation) โดยใช้สัญลักษณ์ที่เข้าใจกันทั้งด้านรับและด้านส่ง ตัวอย่างง่าย ๆ คือการส่งรหัสมอร์สซึ่งเป็นสัญญาณที่มี 2 สถานะโดยใช้แสงไฟไปยังผู้รับที่อยู่ไกลออกไป จะเห็นได้ว่าผู้ส่งใช้แสงไฟเป็นตัวกลางในการสื่อสาร โดยเปลี่ยนคุณลักษณะของแสงตามข้อมูล ทั้งนี้อาจกระทำโดยการเพิ่มหรือลดความเข้มของแสงไฟ กระบวนการมอดูเลตสัญญาณของโมเด็มก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน กล่าวคือมีการส่งสัญญาณในย่านความถี่เสียง ซึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือคุณลักษณะบางประการตามข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ สัญญาณเสียงที่ใช้เป็นตัวกลางนั้นมีลักษณะเป็นสัญญาณคลื่นไซน์ดังรูปที่ 2 (ภาพบน) เหตุผลสำคัญที่กำหนดให้ใช้สัญญาณดังกล่าวเป็นสัญญาณพาหะ (Carrier) เนื่องจากการที่สัญญาณไซน์เป็นสัญญาณพื้นฐานของสัญญาณทุกชนิดในโลก สามารถสร้างขึ้นได้ด้วยวงจรความถี่ทั่ว ๆ ไป และบรรจุลงในโมเด็มได้

การกำหนดคุณลักษณะของสัญญาณคลื่นไซน์นอกจากจะเป็นความถี่และแอมพลิจูด (ระดับสัญญาณ) แล้วยังมีเรื่องของเฟสซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีการเปรียบเทียบกับคลื่นไซน์ที่มีความถี่เดียวกันเท่านั้น การเปรียบเทียบสัญญาณคลื่นไซน์ 2 ชุดที่มีความถี่เท่ากันจะพิจารณาจากความแตกต่างทางเวลาของจุดที่มีระดับสัญญาณและทิศทางในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเหมือนกัน (เช่น สัญญาณกำลังแรงขึ้นหรือกำลังต่ำลง) ทั้งนี้การเปรียบเทียบมิได้กระทำในหน่วยเวลา แต่จะเทียบเป็นหน่วยของมุมหรือเฟสซึ่งมีค่าสูงสุดที่ 360 องศา ตัวอย่างแสดงการเปรียบเทียบเฟสของสัญญาณแสดงอยู่ในรูปที่ 2 (ภาพล่าง) ทั้งนี้จะเห็นว่าคลื่นไซน์ทั้ง 2 ชุดมีเฟสที่แตกต่างกัน 90 องศา เนื่อง



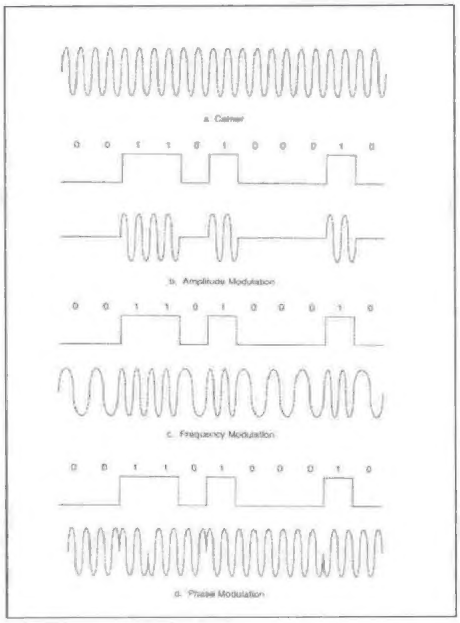
รูปที่ 2 ลักษณะทั่วไปของคลื่นสัญญาณรูปไซน์

จากคุณลักษณะทั้ง 3 ประการของคลื่นไซน์นี้เองจึงทำให้เกิดแนวทางในการมอดูเลตสัญญาณคลื่นไซน์ โดยเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะประการใดประการหนึ่ง หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ โดยเงื่อนไขในการเปลี่ยนจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลดิจิตอลที่ได้รับจากอุปกรณ์ DTE

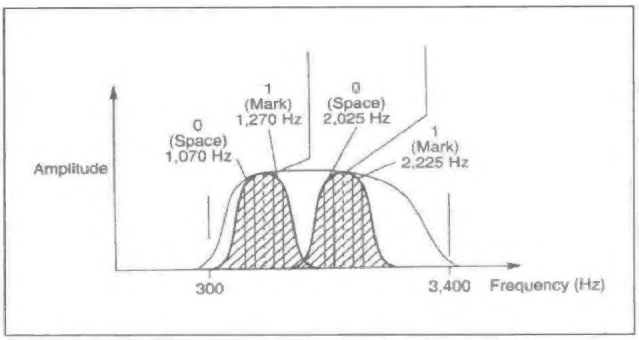
รูปที่ 3 แสดงถึงเทคนิคในการมอดูเลตสัญญาณของโมเด็มทั่วไป โดยแบ่งออกเป็นการมอดูเลตขนาดสัญญาณ (Amplitude Modulation) มอดูเลตความถี่ (Frequency Modulation) และมอดูเลตเฟส (Phase Modulation) ผู้อ่านสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปคลื่นระหว่างการมอดูเลตทั้ง 3 รูปแบบได้ โดยถือว่าข้อมูลดิจิตอลที่โมเด็มได้รับในแต่ละกรณีเป็นข้อมูลเดียวกัน รูปของสัญญาณคลื่นไซน์ที่ใช้เป็นสัญญาณพาหะแสดงในรูปที่ 3 (a.) การมอดูเลตแต่ละวิธีจะให้ผลแตกต่างกันในเรื่องของอัตราเร็วสูงสุดในการรับส่งข้อมูลดิจิตอล และความสามารถในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นบนคู่สายโทรศัพท์ อย่างไรก็ตามโมเด็มในปัจจุบันที่สามารถรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงจะใช้เทคนิคการมอดูเลตที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น และยังรวบรวมความสามารถในการบีบอัดข้อมูลโดยเพิ่มอุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processor หรือ DSP)

รูปที่ 4 เป็นตัวอย่างการกำหนดความถี่ในการรับส่งของโมเด็มอัตราเร็ว 300 บิตต่อวินาที จะเห็นได้ว่ามีการแยกกำหนดย่านความถี่ออกเป็น 2 ช่วงสำหรับใช้ในการรับและส่งสัญญาณ ซึ่งทำให้โมเด็มสามารถรับส่งข้อมูลสองทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าโมเด็มซึ่งเป็นฝ่ายเริ่มติดต่อก่อนจะส่งสัญญาณ "0" โดยใช้ความถี่ 1,070 เฮิรตซ์ และส่งสัญญาณ "1" ด้วยความถี่ 1,270 เฮิรตซ์ ขณะที่โมเด็มที่อยู่อีกด้านหนึ่งจะส่งสัญญาณ "0" และ "1" ด้วยความถี่ 2,025 และ 2,225 เฮิรตซ์ตามลำดับ ตัวอย่างดังกล่าวถือเป็นการมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ซึ่งก็คือการมอดูเลตสัญญาณคลื่นไซน์โดยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางความถี่นั่นเอง มาตรฐานดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อของมาตรฐานเบลล์ 113 (Bell System 113) อันเป็นมาตรฐานที่นิยมในสหรัฐอเมริกา คิดค้นและผูกขาดโดยเบลล์แลป จะเห็นได้ว่าโมเด็มในปัจจุบันก็ยังคงรองรับมาตรฐานสื่อสารอัตราเร็วต่ำดังกล่าวนี้

ส่วนทางฝั่งยุโรปได้กำหนดมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลโดยใช้โมเด็มขึ้นโดย ITU มาตรฐานดังกล่าวได้รับการกำหนดขึ้นในรูปของอนุกรม "V" สำหรับมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลผ่านโมเด็มโดยใช้การมอดูเลตสัญญาณ



รูปที่ 3
การมอดูเลตสัญญาณทางไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ



รูปที่ 4 ตัวอย่างการมอดูเลตสัญญาณไฟฟ้าสำหรับโมเด็มแบบ 300 บิตต่อวินาที

แบบ FSK ซึ่งตรงกับ V.21 จะแตกต่างจากมาตรฐานเบลล์ 113 ในเรื่องของการกำหนดใช้งานความถี่ โดยโมเด็มที่เริ่มเป็นฝ่ายขอติดต่อก่อนจะใช้ความถี่ 980 เฮิรตซ์ในการส่งสัญญาณ "1" และใช้ความถี่ 1,180 เฮิรตซ์ในการส่งสัญญาณ "0" ส่วนโมเด็มอีกด้านหนึ่งจะใช้ส่งสัญญาณ "1" และ "0" โดยใช้ความถี่ 1,650 และ 1,850 เฮิรตซ์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแม้จะใช้เทคโนโลยีในการมอดูเลตแบบเดียวกันโมเด็มมาตรฐาน V.21 ก็ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับโมเด็มมาตรฐานเบลล์ 113 ได้โดยตรง

การมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK มีข้อจำกัดในเรื่องของการเพิ่มอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะหากต้องการส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่า 300 บิตต่อวินาทีจะต้องแยกย่านความถี่ในการรับส่งให้ห่างออกไปมากกว่านี้ ซึ่งไม่ช้าก็จะหลุดออกจากย่านแบนด์วิดธ์ของคู่สายโทรศัพท์ เทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่สูงขึ้นจึงกลายมาเป็นการมอดูเลตแบบ PSK (Phase Shift Keying) เบลล์แลปยังคงเป็นผู้นำในการเสนอมาตรฐานเบลล์ 212A ซึ่งยังคงใช้การมอดูเลตแบบ FSK สำหรับรับส่งข้อมูลที่อัตราเร็ว 300 บิตต่อวินาที แต่สำหรับการรับส่งข้อมูลที่อัตราเร็ว 1,200 บิต

ต่อวินาทีจะใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบ DPSK (Dibit PSK) โดยมีการใช้ข้อมูลจำนวน 2 บิตในการกำหนดการเปลี่ยนแปลงเฟสของสัญญาณ

ในส่วนของ ITU ก็ได้ทำการกำหนดมาตรฐาน V.22 ซึ่งมีการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที โดยใช้เทคนิคในการมอดูเลตแบบ DPSK เช่นเดียวกับมาตรฐานเบลล์ 212A อย่างไรก็ตามเมื่อทำการติดต่อสื่อสารด้วยอัตราเร็วที่ต่ำลง มาตรฐาน V.22 จะรองรับการสื่อสารอัตราเร็ว 600 บิตต่อวินาทีโดยใช้เทคนิคในการมอดูเลตแบบ PSK 2 เฟส ซึ่งแตกต่างจากมาตรฐานเบลล์ 212A จึงทำให้มาตรฐานทั้งสองไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้เมื่อต้องการเชื่อมต่อที่อัตราเร็วต่ำกว่า 1,200 บิตต่อวินาที

ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2523 ITU ได้ออกมาตรฐาน V.22bis ซึ่งได้รับการยอมรับใช้งานทั่วโลก มาตรฐานดังกล่าวเป็นการสื่อสารผ่านโมเด็มด้วยอัตราเร็ว 2,400 บิตต่อวินาที โดยปรับปรุงมาจากเทคนิคการทำงานของมาตรฐาน V.22 มาตรฐาน V.22bis สนับสนุนการเชื่อมต่อที่อัตราเร็วต่ำกว่า 2,400 บิตต่อวินาที ซึ่งหมายความว่าผู้ใช้งานสามารถใช้งานโมเด็มแบบ V.22bis เพื่อการเชื่อมต่อกับโมเด็มอัตราเร็วต่ำตัวใดก็ได้ อย่างไรก็ตามโมเด็มแบบ V.22bis ซึ่งผลิตจากสหรัฐอเมริกาจะสนับสนุนการสื่อสารอัตราเร็วต่ำโดยใช้เทคนิค DPSK และ FSK ที่อัตราเร็ว 1,200 และ 300 บิตต่อวินาทีตามลำดับ ในขณะที่โมเด็มแบบ V.22bis จากกลุ่มประเทศยุโรปจะสนับสนุนการสื่อสารอัตราเร็วต่ำโดยใช้มาตรฐาน V.22 ดังนั้นการนำโมเด็มซึ่งผลิตขึ้นจากทั้งสองแหล่งมาเชื่อมต่อกันเพื่อการสื่อสารในอัตราเร็วระดับต่ำก็ยังคงก่อให้เกิดปัญหาด้านเทคนิคการมอดูเลตนั่นเอง

พัฒนาการของโมเด็มในปัจจุบัน

โมเด็มส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้รับการออกแบบให้มีขีดความสามารถพิเศษเฉพาะตัว นอกเหนือไปจากความสามารถในรับส่งข้อมูลผ่านคู่สายโทรศัพท์ตามมาตรฐานของเบลล์แลปหรือ ITU โมเด็มบางรุ่นมีการรวมฟังก์ชันการทำงานพิเศษไว้ตั้งแต่ 30 จนถึง 100 ฟังก์ชัน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการสนับสนุนมาตรฐานในการรับส่งทุกแบบ ตั้งแต่อัตราเร็วต่ำสุดไปจนถึงสูงสุด การเพิ่มหน่วยความจำเพื่อสนับสนุนระบบไปรษณีย์เสียง (Voice Mail System) การเพิ่มฟังก์ชันพิเศษในการติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างออฟฟิศขนาดเล็ก หลายฟังก์ชันได้รับความนิยมใช้งานจนกลายเป็นมาตรฐานที่จำเป็นจะต้องมีไว้ในโมเด็มทุกรุ่นไปโดยปริยาย (De Facto) อย่างไรก็ตามมีฟังก์ชัน 2 ประการที่เป็นสิ่งจำเป็นซึ่งขาดมิได้สำหรับโมเด็มทุกรุ่น และปัจจุบันมีมาตรฐานสากลรองรับเป็นที่เรียบร้อย นั่นคือ ความสามารถในการบีบอัดข้อมูล (Data Compression) ภายในตัวโมเด็ม และความสามารถในการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดอันเกิดจากการรับส่งข้อมูล (Error Detection and Correction)

ความต้องการในการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วซึ่งสูงกว่าที่เทคโนโลยีในการมอดูเลตจะช่วยได้ ทำให้มีการพิจารณาเพิ่มความสามารถในการบีบอัดข้อมูลเป็นคุณสมบัติประการหนึ่งของโมเด็มในปัจจุบัน การบีบอัดข้อมูลจะช่วยทำให้ปริมาณข้อมูลสุทธิที่ต้องการส่งภายในหนึ่งหน่วยเวลาลดลง อันยังผลให้อัตราเร็วในการส่งข้อมูลสูงขึ้น ผู้เขียนขอสมมติตัวอย่างที่เห็นได้ชัดโดยให้พิจารณาถึงการส่งข้อมูลซึ่งประกอบด้วยกลุ่มตัวอักษร ACCOUNTbbbbbbbAMOUNT โดยสมมติให้ b แทนเครื่องหมายช่องว่าง ทั้งนี้อาจเป็นข้อมูลที่เป็นรายการทางบัญชีซึ่งจำเป็นต้องเว้นช่องไฟระหว่างคอลัมน์ จำนวนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 20 ตัวอักษรหรือเทียบเท่ากับ 160 บิต ถ้ากำหนดอัลกอริธึมง่าย ๆ ในการบีบอัดโดยให้ SC เป็นอักขระที่ใช้เป็นรหัสสำหรับบอกถึงการเข้ารหัสจำนวนช่องว่าง เมื่อผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลแล้ว ข้อมูลที่ถูกส่งจากโมเด็มจะกลายไปเป็น ACCOUNTSC7AMOUNT เมื่อโมเด็มที่อยู่ปลายทางได้รับข้อมูลก็จะทราบว่า SC หมายถึงการเข้ารหัสช่องว่าง และ 7 หมายถึงจำนวนช่องว่างที่อยู่ต่อเนื่องกันในข้อมูลจริงซึ่งได้รับการบีบอัด ด้วยวิธีการดังกล่าวจะทำให้จำนวนบิตข้อมูลที่ถูกส่งลดลงเหลือเพียง 15 ตัวอักษรหรือ 120 บิต หากเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลแต่ละบิตมีค่าเท่ากัน ข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดจะถูกส่งด้วยอัตราที่สูงกว่าข้อมูลที่มิได้ผ่านการบีบอัดถึง 33 เปอร์เซ็นต์

จากตัวอย่างที่ผู้เขียนสมมติข้างต้น ในทางปฏิบัติผู้ออกแบบโมเด็มต้องกำหนดมาตรฐานความผิดพลาดในการแปลผลลัพธ์ของโมเด็มด้านรับ ทั้งนี้เพราะโอกาสที่อุปกรณ์ DTE จะทำการส่งข้อมูล SC ออกมายังโมเด็มอาจผิดพลาดได้ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ DTE ส่งข้อมูล XYZSCABC มายังโมเด็มเพื่อป้องกันการเข้าใจผิดต่ออักขระ SC ที่ปรากฏขึ้น ณ โมเด็มภาครับ โมเด็มด้านส่งจะต้องเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบเนื้อหาข้อมูลที่ได้รับจาก DTE ในกรณีที่พบว่ามีการรับข้อมูลซึ่งมีอักขระซ้ำกับอักขระระบุการบีบอัดข้อมูลอาจกำหนดให้เติมอักขระตรวจซ้ำตามหลังอักขระที่ปรากฏนั้น ในกรณีนี้ข้อมูลที่ส่งออกจากโมเด็มต้นทางจะกลายเป็น XYZSCSCABC ที่โมเด็มภาครับ ทุกครั้งที่มีการตรวจพบอักขระ SC โมเด็มจะตรวจสอบข้อมูลในตำแหน่งถัดไปทันที หากพบว่าเป็นอักขระ SC เช่นเดียวกันก็จะทำให้ทราบว่ามีการส่งข้อมูลดิบที่

เป็นอักขระ SC มาจากต้นทาง โมเด็มจะตัดอักขระซ้ำตัวที่สองทิ้งไปและถือว่าอักขระตัวแรกเป็นข้อมูลจริง มิใช่สัญลักษณ์ที่ใช้กำหนดการบีบอัดข้อมูล

ตัวอย่างที่ผู้เขียนหยิบยกขึ้นมานี้เป็นเพียงวิธีการนำเสนอเพื่อสร้างความเข้าใจเท่านั้น ในทางปฏิบัติมีเทคนิคในการบีบอัดข้อมูลซึ่งได้รับการคิดค้นโดยนักคณิตศาสตร์จำนวนมาก แต่ละแบบก็มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2533 ITU ได้ประกาศข้อกำหนด V.42bis ซึ่งเป็นเทคนิคการบีบอัดข้อมูลโดยดัดแปลงอัลกอริธึมในการบีบอัดข้อมูลแบบ Lempel-Ziv ปัจจุบันมาตรฐานดังกล่าวได้นำไปประยุกต์ใช้งานกับโมเด็มยี่ห้อต่าง ๆ ทั่วโลก อัลกอริธึม Lempel-Ziv เป็นผลงานทางทฤษฎีของศาสตราจารย์ทางคณิตศาสตร์จากประเทศอิสราเอล 2 ท่าน คือ Lempel และ Ziv ซึ่งได้รับการดัดแปลงแก้ไขโดยชาวอังกฤษชื่อ Terry Welch ให้เป็นอัลกอริธึมหลักสำหรับมาตรฐาน V.42bis โดยทั่วไปจะเรียกอัลกอริทึมที่ใช้ในโมเด็มนี้ว่า LZW เพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลทั้งสาม รายละเอียดของการบีบอัดข้อมูลแบบ LZW นี้มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมาก ผู้เขียนจะยังไม่กล่าวถึงในที่นี้ ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือ Data and Image Compression, 4th Edition แต่งโดย Gilbert Held ซึ่งจะกล่าวถึงอัลกอริธึมในการบีบอัดข้อมูล 15 ชนิดด้วยกัน พร้อมตัวอย่างในการเขียนโปรแกรมบีบอัดข้อมูลโดยใช้ภาษาเบสิกและ C++

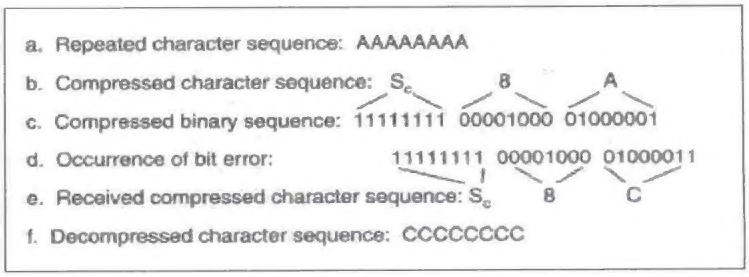
ก่อนหน้าที่ ITU จะทำการประกาศมาตรฐาน V.42bis นี้เป็นเวลาหลายปี บริษัทไมโครคอม จากประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการกำหนดมาตรฐานในการบีบอัดข้อมูลที่มีชื่อว่า MNP คลาส 5 และคลาส 7 และได้ทำการขายลิขสิทธิ์ของตนให้กับบรรดาบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์โมเด็ม และเนื่องจากฐานการสนับสนุนมาตรฐาน MNP ซึ่งมีอยู่กว้างขวางก่อนหน้าที่จะเกิดมาตรฐาน V.42bis นี้เอง จึงทำให้ผู้ผลิตโมเด็มในยุคหลัง ๆ ออกแบบสินค้าของตนให้สามารถสนับสนุนได้ทั้งมาตรฐาน MNP และ V.42bis ผลดีที่เกิดขึ้นก็คือผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อโมเด็มที่มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับโมเด็มที่สนับสนุนการทำงานเฉพาะมาตรฐาน MNP หรือ V.42bis หรือกับโมเด็มที่สนับสนุนทั้ง 2 มาตรฐาน

คุณสมบัติที่จำเป็นประการที่สองก็คือความสามารถในการตรวจและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล เป็นที่ทราบกันดีว่าความผิดพลาดของข้อมูลเพียงหนึ่งบิตอาจส่งผลกระทบต่อข้อมูลโดยรวมได้ แต่เมื่อพิจารณาถึงกรณีการเกิดความผิดพลาดบนข้อมูลที่ได้ผ่านการบีบแล้ว ในบางครั้งอาจทำให้ความรุนแรงจากความผิดพลาดของข้อมูลสูงขึ้นอีกหลายเท่า ผู้เขียนจะลองยกตัวอย่างการส่งข้อมูลดิบ "AAAAAAAA" จากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็ม เมื่อโมเด็มต้นทางได้รับข้อมูลดังกล่าวแล้วก็จะนำไปผ่านกระบวนการบีบข้อมูล สมมติมีการกำหนดให้โมเด็มทำการเข้ารหัสข้อมูลที่มีตัวอักษรซ้ำติดกันเกินกว่า 3 ตัว โดยแทนค่าด้วยเครื่องหมายที่ใช้บอกถึงการบีบอัดข้อมูล ตามด้วยตัวเลขที่บอกจำนวนตัวอักษรซ้ำ และปิดท้ายด้วยตัวอักษรที่มีการซ้ำ จะเห็นได้ว่าในกรณีนี้สามารถลดจำนวนตัวอักษรที่โมเด็มจะต้องส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์จาก 8 ตัวเหลือเพียง 3 ตัว ผู้เขียนขอสมมติต่อไปอีกโดยกำหนดให้อักขระที่ใช้ระบุถึงการบีบอัดข้อมูลเป็น SC ซึ่งมีการจัดลำดับบิตข้อมูลเป็น 11111111 และตัวอักษรมีการจัดบิตข้อมูลเป็น 01000001

รูปที่ 5 เป็นการแสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดบนข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดแล้ว รูปที่ 5 (a.) เป็นข้อมูลดิบที่ต้องการส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง ในรูปที่ 5 (b.) เป็นการแสดงค่าของข้อมูลที่ผ่านการบีบแล้ว โดยยังคงสมมติอักษรที่ใช้บอกถึงการบีบอัดข้อมูลเป็น SC สำหรับรูปที่ 5 (c.) จะเป็นการแสดงข้อมูลที่ผ่านการบีบแล้วในลำดับของบิต จะเห็นได้ว่าจำนวนบิตข้อมูลที่ใช้ในการส่งลดลงเป็น 24 บิตจาก 64 บิตก่อนหน้าที่จะมีการบีบอัด ปัญหาเกิดขึ้นในรูปที่ 5 (c.) เมื่อข้อมูลในบิตก่อนสุดท้ายเกิดความผิดพลาดระหว่างการส่ง ผลที่เกิดขึ้นทำให้ค่าของข้อมูลไบต์สุดท้ายกลายเป็น 01000011 ซึ่งมีความหมายเป็นตัวอักษร C และเมื่อโมเด็มที่อยู่ปลายทางได้รับข้อมูลดังกล่าวจะตีความข้อมูลที่ได้รับ พร้อมกับถอดข้อมูลออกมาจากการเข้ารหัส ข้อมูลสุดท้ายที่ถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางจึงกลายเป็น "CCCCCCCC" จะเห็นได้ว่ายิ่งมีการเข้ารหัสข้อมูลได้ดีเพียงใด โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลอย่างรุนแรงระหว่างการส่งก็ยิ่งมีเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

จากตัวอย่างในรูปที่ 5 หากความผิดพลาดเกิดขึ้นในไบต์ที่สองซึ่งใช้ระบุจำนวนตัวอักษรซ้ำจะทำให้จำนวนตัวอักษรผิดพลาดไปจากความเป็นจริง หรือหากความผิดพลาดเกิดขึ้นกับข้อมูลในไบต์แรกจะทำให้โมเด็มด้านรับไม่ทราบว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นเป็นข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดมาจากต้นทาง ในกรณีนี้ข้อมูลในไบต์แรกจะแทนได้เพียงตัวอักษรตัวหนึ่ง และโมเด็มจะไม่ทราบว่าต้องดำเนินการแปลงค่าข้อมูลอีกสองไบต์ที่เหลือหรือไม่ ดังนั้นข้อมูล 'AAAAAAAA' ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางทำการส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์จะถูกอ่านค่าเป็น 'x8A' โดยที่ x อาจเป็นอักษรหรือเครื่องหมายใดก็ได้ที่มีรหัสไบนารีตรงกันกับข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดขึ้น ดังที่ผู้เขียนได้กล่าวไปแล้วว่าผลกระทบที่เกิดจากความผิดพลาดของบิตข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดมาแล้วจะมีความรุนแรงยิ่งกว่ากรณีของการเกิดความผิดพลาดบนข้อมูลที่มิได้มีการบีบอัด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิด

a. Repeated character sequence: AAAAAAAA
b. Compressed character sequence: S_c 8 A
c. Compressed binary sequence: 11111111 00001000 01000001
d. Occurrence of bit error: 11111111 00001000 01000011
e. Received compressed character sequence: S_c 8 C
f. Decompressed character sequence: CCCCCCCC



รูปที่ 5 ตัวอย่างแสดงการเกิดผลกระทบจากความผิดพลาดของข้อมูลระหว่างการส่ง

ความต้องการขีดความสามารถในการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลบนโมเด็มทุกเครื่องที่สนับสนุนการบีบอัดข้อมูล ในกรณีของการรับส่งข้อมูลที่มิได้มีการบีบอัดผู้ใช้งานอาจเลือกกำหนดได้ว่าจะให้ฟังก์ชันการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดทำงานหรือไม่ แต่เมื่อใดก็ตามที่กำหนดให้มีการสื่อสารโดยผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลแล้ว ฟังก์ชันดังกล่าวจะถูกกำหนดให้มีการทำงานโดยอัตโนมัติทันที ทั้งนี้ก็เป็นมาตรการในการป้องกันความผิดพลาดของข้อมูล

กระบวนการในการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดเริ่มขึ้นตั้งแต่โมเด็มต้นทาง ซึ่งจะนำข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดแล้วมาทำการจัดเป็นกลุ่มข้อมูลย่อย ๆ จากนั้นจึงใช้อัลกอริธึมซึ่งเป็นสมการคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างข้อมูลเพิ่มเติมเข้าไปในแต่ละกลุ่ม ข้อมูลเพิ่มเติมเหล่านี้ใช้บ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะของข้อมูลในกลุ่มนั้น ๆ โดยมีชื่อเรียกว่าข้อมูลตรวจสอบ (Checksum) โมเด็มด้านส่งจะทำการส่งข้อมูลแต่ละกลุ่มซึ่งรวมถึงข้อมูลตรวจสอบผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ไปยังโมเด็มด้านรับที่อยู่ปลายทางซึ่งจะทำการแปลงข้อมูลแต่ละกลุ่ม แล้วใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแยกข้อมูลจริงกับข้อมูลตรวจสอบออกจากกัน หลังจากสามารถแบ่งแยกข้อมูลออกจากกันได้แล้ว โมเด็มด้านรับจะนำข้อมูลจริงมาผ่านอัลกอริธึมเดียวกันกับที่โมเด็มด้านส่งใช้เพื่อทำการสร้างข้อมูลทดสอบขึ้นใหม่ในฝั่งของตน จากนั้นจึงนำข้อมูลทดสอบที่ได้รับมาจากโมเด็มต้นทางมาเปรียบเทียบกับข้อมูลทดสอบที่สร้างขึ้นใหม่ หากพบว่าตรงกันก็จะถือว่าได้รับข้อมูลถูกต้อง ไม่มีความคลาดเคลื่อน โมเด็มด้านรับจะทำการส่งสัญญาณตอบรับ (Acknowledge) กลับไปยังโมเด็มต้นทาง สัญญาณดังกล่าวจะทำให้โมเด็มต้นทางลบกลุ่มข้อมูลที่ส่งออกไปแล้วออกจากบัฟเฟอร์ของตน พร้อมกับเตรียมดำเนินการส่งข้อมูลกลุ่มใหม่ต่อไป ในกรณีที่โมเด็มด้านรับพบว่าข้อมูลเกิดความผิดพลาดก็จะส่งสัญญาณร้องขอให้โมเด็มต้นทางส่งข้อมูลกลับมาใหม่ ซึ่งโมเด็มต้นทางก็จะทำการส่งข้อมูลกลุ่มเดิมที่ยังคงเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ของตนไปให้กับโมเด็มด้านรับอีกครั้งหนึ่ง

เนื่องจากโมเด็มต้นทางที่ดำเนินกระบวนการในลักษณะดังกล่าวจำเป็นต้องเก็บข้อมูลไว้ภายในจนกว่าจะได้รับการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลจากโมเด็มปลายทาง จึงจำเป็นต้องมีหน่วยความจำซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูล ส่วนที่ว่าจะมีขนาดหน่วยความจำใหญ่เพียงใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาด เทคนิคที่ได้รับความนิยมใช้งานมากที่สุดได้แก่มาตรฐาน MNP คลาส 4 ในขณะที่ทางด้านของ ITU เองก็มีมาตรฐาน V.42 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้สนับสนุนมาตรฐาน V.42bis กล่าวโดยทางเทคนิคแล้ว มาตรฐาน V.42 สามารถแบ่งออกได้เป็น LAPB (Link Access Protocol Balanced) ซึ่งเป็นกลไกในการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลที่มีการใช้งานในมาตรฐาน HDLC ซึ่งตรงกับระดับชั้น Network ของแบบจำลอง OSI ทั้งนี้ V.42 จะใช้ LAPB เป็นวิธีการหลักในกระบวนการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาด ในขณะที่ MNP4 จะเป็นทางเลือกที่สองในการใช้งาน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากโมเด็มที่สนับสนุนมาตรฐาน MNP มีอยู่เป็นจำนวนมากทั่วโลก มีผู้ใช้งานโมเด็มที่รองรับการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลตามมาตรฐาน V.42 จำนวนมากนิยมตั้งโหมดในการใช้งานเป็น MNP คลาส 4

ก่อนอำลา

ถึงแม้บทความตอนนี้มีเนื้อหาในลักษณะของการปูพื้นฐาน แต่อย่างน้อยคงทำให้ผู้อ่านได้ทราบทั้งรูปแบบการมอดูเลตสัญญาณในลักษณะต่าง ๆ และการใช้งานตามมาตรฐานของการสื่อสารในแต่ละซีกโลก ตลอดจนทฤษฎีในการรับส่งข้อมูลที่มีการบีบอัด และกระบวนการที่โมเด็มอ่านข้อมูลนั้นออกมา ในคราวหน้าผู้เขียนขอนำเสนอเรื่องมาตรฐานการเชื่อมต่อและระบบสัญญาณ การควบคุมการรับส่งข้อมูล และข้อจำกัดในการใช้งาน บัดนี้ถึงเวลาต้องอำลากันแล้ว พบกันใหม่ฉบับหน้า สวัสดีครับ

MICRO SHORT TIPS

ใส่ข้อมูลวันที่เรียงติดต่อโดยเว้นวันหยุดสัปดาห์

ใส่วันที่เริ่มต้นลงไปก่อน แล้วชี้เมาส์ไปที่ Fill Handle ลักษณะคล้ายเครื่องหมายบวกอยู่ที่มุมล่างของเซลล์ ตามด้วยการคลิกขวาและลากเมาส์ลงไปตามแนวคอลัมน์หรือในแถวเดียวกันก็ได้ และเมื่อคุณปล่อยมือคุณก็จะพบออปชันให้เลือก ก็ให้เลือกที่ "เติมวันทำการ" (ดังรูป) เท่านี้เอง